

Analisis Hasil Air Menggunakan Koneveksi Natural Pada Atmospheric Water Generator Berbasis Thermoelectric

1st Khoirul Tri Aprilianto
 Fakultas Teknik Elektro
 Universitas Telkom
 Bandung, Indonesia
 khoirultri@student.telkomuniversity.a
 c.id

2nd Tri Ayodha Ajiwiguna
 Fakultas Teknik Elektro
 Universitas Telkom
 Bandung, Indonesia
 triayodha@telkomuniversity.ac.id

3rd M. Ramdhan Kirom
 Fakultas Teknik Elektro
 Universitas Telkom
 Bandung, Indonesia
 mramdhankirom@telkomuniversity.ac
 .id

Abstrak - Penelitian ini mengevaluasi penggunaan Atmospheric Water Generator (AWG) berbasis termoelektrik untuk menghasilkan air bersih. Sistem ini menggunakan modul Peltier, pelat aluminium, heatsink, dan kipas pendingin untuk mengondensasikan uap air dari udara. Hasil analisis menunjukkan suhu lingkungan memiliki pengaruh terbesar terhadap produksi air, diikuti oleh kelembaban dan suhu tengah plat. Model regresi linear menunjukkan bahwa 60% variasi jumlah air dapat dijelaskan oleh suhu dan kelembaban, dengan standar error 3,218 dari 26 data. Sistem ini menawarkan desain sederhana dan efektif dengan kebutuhan perawatan minimal, menjadikannya solusi inovatif untuk menghasilkan air bersih dalam kondisi darurat.

Kata Kunci - Sistem AWG, Air Bersih, Suhu, Temperatur

I. PENDAHULUAN

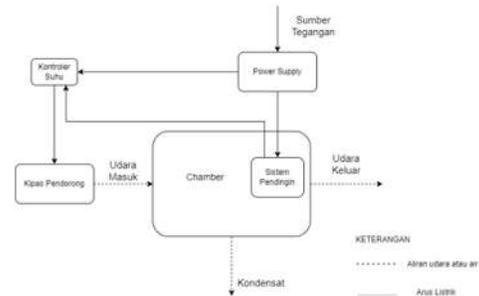
Air adalah elemen vital yang mendukung keberlangsungan hidup manusia, digunakan dalam berbagai aspek kehidupan sehari-hari seperti kebutuhan rumah tangga, industri, pertanian, dan sebagai bahan baku produksi. Kekurangan air dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan, termasuk dehidrasi, gangguan fungsi organ, dan peningkatan risiko penyakit.

Ketersediaan air bersih menjadi sangat penting, terutama dalam situasi darurat seperti bencana alam, konflik, atau krisis lainnya. Dalam kondisi ini, air bersih sering kali sulit didapatkan, sehingga inovasi dan intervensi diperlukan untuk memastikan pasokan yang cukup. Salah satu solusi adalah desalinasi air laut, yaitu proses menghilangkan garam dari air laut untuk menghasilkan air bersih. Alternatif lain adalah penangkapan air dari udara dengan menggunakan sistem refrigerasi yang mengubah uap air menjadi air

II. SISTEM ATMOSPHERIC WATER GENERATOR BERBASIS TERMOELEKTRIK

Solusi yang diusulkan adalah Atmospheric Water Generator (AWG) berbasis termoelektrik. Alat ini terdiri dari empat komponen utama: modul Peltier, pelat, heatsink, dan kipas pendingin. Prinsip kerja termoelektrik melibatkan

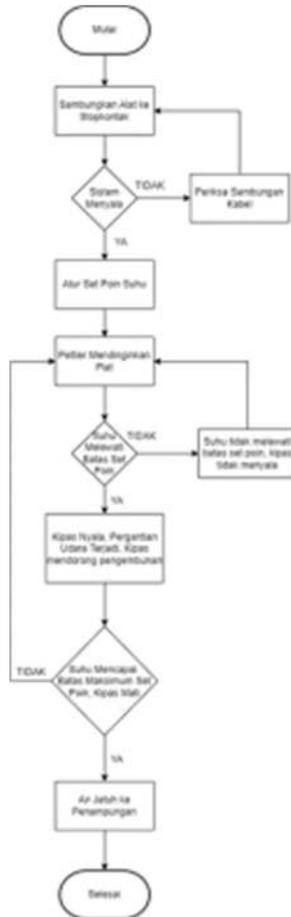
penggunaan modul Peltier, di mana aliran arus listrik melalui elemen Peltier menyebabkan salah satu sisi menjadi dingin (menyerap panas) dan sisi lainnya menjadi panas (melepaskan panas). Prinsip ini dapat diterapkan pada AWG dengan menggunakan sistem pendinginan termoelektrik untuk menangkap udara di sekitar dan mengatur suhu pada sisi dingin Peltier agar tetap pada titik embun. Teknologi ini menawarkan keuntungan berupa desain yang lebih sederhana dan tidak adanya komponen bergerak seperti kompresor, yang mengurangi kebutuhan perawatan.



GAMBAR 1. Diagram Blok Sistem AWG

Diagram di atas menunjukkan diagram blok dari keseluruhan sistem Atmospheric Water Generator (AWG), yang terdiri dari beberapa komponen seperti power supply, kontroler suhu, kipas pendorong, chamber/cooler box, dan sistem pendingin/TEC. Aliran listrik dari power supply mengalir ke kontroler suhu, kipas pendorong, dan sistem pendingin. Setelah sistem diaktifkan, kipas pendorong akan mengarahkan udara ke dalam chamber, yang kemudian menghasilkan kondensat, sementara udara sisa akan dikeluarkan.

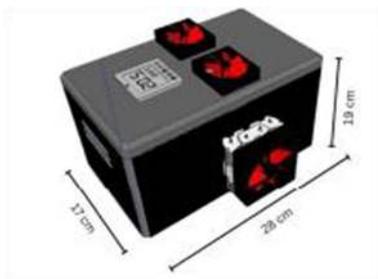
A. Flowchart Alat



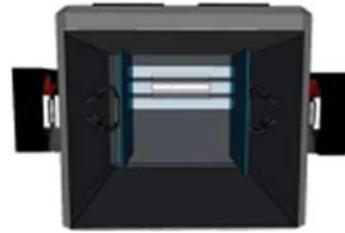
GAMBAR 2. Flowchart Alat

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Solusi yang dipilih menggunakan sistem pendinginan udara dengan prinsip kondensasi untuk menghilangkan kelembapan dari udara. Modul Peltier berfungsi sebagai alat pendingin untuk plat aluminium, sementara heatsink dan kipas bertugas mengelola panas yang dihasilkan oleh Peltier. Kipas yang terletak di bagian atas berfungsi untuk mengalirkan air yang telah dikondensasi, dan dilengkapi dengan air flow yang memungkinkan udara yang telah dikondensasi masuk dan keluar.



GAMBAR 3. Desain bagian luar alat



GAMBAR 4. Desain alat tampak dalam

Pengujian alat menggunakan desain yang telah dibuat dengan menggunakan 2 buah plat dan 2 buah peltier. Berikut merupakan hasil dari pengujian menggunakan 2 buah peltier dan plat aluminium sebagai media pengantarnya. Berikut merupakan tabel pengambilan data dari alat AWG TEC

TABEL 1. Tabel Pengambilan Data

Set Poin	Lokasi	Suhu Lingkungan (°C)	Kelembaban Lingkungan (%)	Daya (kWh)	Jumlah Air (ml)	SEC (kWh/m ³)
0-4	Indoor	26,1	70,7	0,204	26	7846154
	Outdoor	28,5	62,0	0,297	20	14850
3-7	Indoor	25,8	70,3	0,212	20	10600
	Outdoor	28,4	64,6	0,211	23	9174
4-8	Indoor	25,9	65,4	0,206	20	10300
	Outdoor	28,7	62,7	0,210	18	11667
5-10	Indoor	25,8	68,4	0,220	20	11000
	Outdoor	29,8	64,7	0,212	20	10600
10-15	Indoor	26,4	67,3	0,224	20	11200
	Outdoor	28,2	65,2	0,230	15	15333
	Indoor	25,7	75,6	0,216	26	8308
12-15	Outdoor	27,1	68,7	0,221	20	11050
	Indoor	26,1	75,8	0,209	26	8038
13-17	Outdoor	27,2	70,6	0,220	25	8800
	Indoor	26,0	68,1	0,216	20	10800
15-18	Outdoor	26,0	72,0	0,285	25	11400

Berdasarkan tabel di atas, diketahui bahwa jumlah air terbanyak yang dihasilkan rata-rata terjadi pada pengambilan data di dalam ruangan, dengan volume air sebesar 26 ml pada set poin 0-4, 12-15, dan 13-17. Jika dibandingkan antara konsumsi energi spesifik (SEC) dengan jumlah air yang dihasilkan dan set poin, hasil terbaik diperoleh pada set poin 0-4, di mana jumlah air yang dihasilkan mencapai 26 ml dengan SEC sebesar 7846 kWh/m³.

Untuk mendapatkan perkiraan air yang dapat dihasilkan, dapat digunakan beberapa persamaan, diantaranya seperti berikut :

$$Q_{convection} = hA\Delta T \quad (1)$$

$$h = k NuLc \quad (2)$$

$$Nu = 0,59 Ra^{0,25} \quad (3)$$

$$Ra = g \beta Lc^3 \frac{\Delta T}{\nu} pr \quad (4)$$

Persamaan diatas digunakan untuk mencari konveksi natural dari sistem AWG. h merupakan koefisien konveksi,

Nu merupakan nusselt number, Lc merupakan panjang karakteristik dan Ra merupakan *rayleigh number* Kemudian dapat menggunakan persamaan seperti di bawah ini untuk mencari laju aliran massa udara,

$$\dot{m}_a = \rho \left(0,019 \left(g \frac{\Delta T}{273 + T_{amb}} \right)^{0,4} \right) \quad (5)$$

Setelah mendapatkan nilai dari laju aliran massa dapat menggunakan persamaan laju aliran massa terkondensasi dan hubungan antara kalor koneksi dan absorpsi, maka dapat hasil air dapat diperkirakan. Berikut adalah persamaannya,

$$Qa=Qc \quad (6)$$

$$\dot{m}a(h_{in}-h_{out})=hA\Delta T \quad (7)$$

$$\dot{m}c=\dot{m}a(W_{in}-W_{out}) \quad (8)$$

Persamaan 7 digunakan untuk mencari enthalpi keluaran dari sistem, sedangkan persamaan 8 digunakan untuk mencari perkiraan air yang dapat dihasilkan oleh sistem AWG.

Hasil dari perhitungan menggunakan persamaan-persamaan di atas dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

TABEL 2.
Hasil Akhir Laju Aliran Kondensasi

Suhu Lingkungan (C)	Kelembaban Lingkungan (%)	Suhu Tengah Plat (C)	Laju aliran massa udara Q (kg/s)	Laju aliran massa terkondensasi air		Win (g/Kg)	Wout (g/Kg)	perkiraan air selama 3 jam/2plat		Hasil eksperimen (ml)
				Qkonveksi (kg/s)	J (kg/s)			(ml)	(ml)	
25,3	61,3	-1,4	4,00E-04	3,85	1,20E-04	12,4	12,1	2,59	15	
28,6	55,2	1,9	4,03E-04	3,77	1,51E-04	13,6	13,2	3,48	10	
24,7	63	2,5	3,79E-04	3,67	7,58E-05	12,3	12,1	1,64	15	
26,7	55,7	10	4,04E-04	3,76	1,21E-04	12,5	12,2	2,62	14	
26	75,9	4,8	3,84E-04	3,19	3,84E-04	16,1	15,1	8,28	25	
27	74,1	3,1	3,75E-04	2,99	4,13E-04	16,7	15,6	8,91	28	
24,5	64,4	4,1	3,83E-04	3,67	3,63E-05	12,4	12,3	0,78	15	
26,8	60	5,8	3,78E-04	3,08	7,58E-05	13,3	13,1	1,64	14	
26	71	3,6	3,77E-04	3,03	2,26E-04	15	14,4	4,89	25	
27,3	55,6	6,6	3,82E-04	3,17	1,15E-04	12,6	12,3	2,48	25	
26,1	70,7	1,4	4,05E-04	3,80	3,85E-04	15	14,1	7,88	28	
28,5	62	4	4,03E-04	3,75	1,21E-04	15,2	14,9	2,61	20	
25,8	70,3	3,9	3,88E-04	3,27	2,71E-04	14,7	14	5,84	20	
26,4	64,6	2,2	4,14E-04	4,08	2,48E-04	15,7	15,1	3,38	23	
25,8	68,4	4,5	3,82E-04	3,16	1,91E-04	14,3	13,8	4,13	20	
29,8	64,7	6,6	3,83E-04	3,50	1,18E-04	17,1	16,8	2,55	20	
25,7	75,6	5,9	3,71E-04	2,88	2,97E-04	15,7	14,9	6,42	26	
27,1	68,7	5,8	3,81E-04	3,13	1,95E-04	15,5	15	4,11	20	
26,1	75,8	5,4	3,78E-04	3,04	3,46E-04	16,1	15,2	7,34	28	
27,2	70,6	5,9	3,81E-04	3,15	2,28E-04	16	15,4	4,94	25	

Tabel diatas menjelaskan hasil perhitungan yang dilakukan menggunakan persamaan-persamaan yang telah dijabarkan. Perhitungan tersebut menggunakan data suhu dan kelembaban lingkungan serta suhu tengah plat yang diambil dari pengujian. Tujuan dari perhitungan ini adalah menganalisis atau mengevaluasi hasil produksi air secara teoritikal dan kemudian akan dibandingkan dengan hasil produksi air pada sistem. Pada perhitungan terdapat beberapa variabel penting yang harus dicari agar dapat memperkirakan hasil produksi air diantaranya, Natural Konveksi, Laju aliran massa udara, laju aliran massa kondensasi.

Berdasarkan hasil perhitungan seperti pada tabel di atas, produksi air secara teoritikal lebih sedikit hasilnya dibandingkan pengujian. Penyebab yang memungkinkan hal tersebut terjadi adalah kecepatan angin di udara yang tidak diukur sehingga aliran udara yang masuk kita asumsikan sebesar 1000 m³/h. Selain itu, untuk mencari humidity ratio keluaran digunakan asumsi RH sebesar 100% yang dimana

kondisi uap air dapat mengembun pada kondisi kelembaban yang mendekati 100%. Pada pengujian secara teoritikal didapatkan bahwa pengaruh suhu sedikit lebih memengaruhi produksi air dibandingkan kelembaban, namun jika kelembaban dan suhu sama-sama tinggi maka hasil air nya lebih banyak juga.

IV. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan, sistem AWG-TEC dapat menjadi alternatif untuk teknologi *water harvesting* yang ramah lingkungan. Pada penelitian ini menganalisis hasil air secara teoritikal. Dimana terdapat perbedaan yang sangat jauh antara hasil air secara teoritikal dan eksperimen. Hasil dari eksperimen terlampau lebih tinggi dibandingkan dengan perhitungan secara teoritikal. Terdapat beberapa faktor yang dapat dipertimbangkan yaitu, kecepatan angin dan perhitungan menggunakan asumsi RH sebesar 100%. Hal tersebut dapat memengaruhi adanya perbedaan hasil yang didapatkan antara eksperimen dan teoritikal. Dapat dilihat juga dari tabel pembahasan bahwa suhu dan kelembaban berpengaruh terhadap kuantitas air yang dapat dihasilkan sistem, semakin tinggi suhu dan kelembaban maka semakin banyak air yang dapat dihasilkan.

REFERENSI

[1] T. Khoiril, M. F. .B, A. Z. T dan V. R.S, PENGEMBANGAN ATMOSPHERIC WATER BERBASIS TERMOELEKTRIK, Bandung: Telkom University, 2024.